

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kazumasa KODAMA, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/626,591

EXAMINER:

FILED: July 25, 2003

FOR: VEHICLE STEERING CONTROL SYSTEM

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2002-217521	July 26, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

*Joseph A. Scafetta Jr.*  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.  
Registration No. 26, 803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

10/626,591  
Your Ref: 240832US-237125  
-54-2X  
(2P02-908-US)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    7 月 2 6 日  
Date of Application:

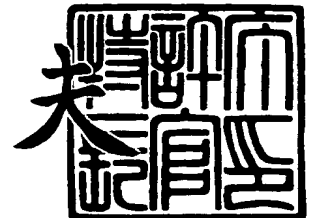
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 1 7 5 2 1  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 2 1 7 5 2 1 ]

出      願      人  
Applicant(s):                      豊田工機株式会社  
トヨタ自動車株式会社

2 0 0 3 年    7 月 1 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 6 8 9 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 AX0205656T

【提出日】 平成14年 7月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R 19/00  
G01R 15/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町一丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

【氏名】 小玉 和正

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 宮田 正浩

【特許出願人】

【識別番号】 000003470

【氏名又は名称】 豊田工機株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095751

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅原 正倫

【電話番号】 052-212-1301

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003388

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0206138

【包括委任状番号】 0210138

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 車両用操舵制御システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 操舵用のハンドル軸に与えられる操作角と車両の運転状態とに応じて、車輪操舵軸に与えるべき操舵角を決定し、当該操舵角が得られるように前記車輪操舵軸を操舵軸駆動モータにより回転駆動するようにした車両用操舵制御システムにおいて、

前記操舵軸駆動モータに通電される電流を検出するために、前記操舵軸駆動モータの電源となる車載バッテリーから該操舵軸駆動モータのドライバに至るモータ給電経路上に電流検出用抵抗を設け、該電流検出用抵抗の両端電圧差を差動増幅回路により電流検出信号として出力する電流センサと、

両端電圧差がゼロのとき前記差動増幅回路に生ずるオフセット出力を、システム実使用に先立って予め測定し、その測定値に基づいて作成された、前記電流センサの出力をオフセット補正するためのオフセット補正情報を記憶するオフセット補正情報記憶手段と、

システム実使用時において、前記電流センサの出力を前記オフセット補正情報に基づいて補正するオフセット補正手段と、

を有することを特徴とする車両用操舵制御システム。

【請求項 2】 前記電流検出用抵抗に入力される電源電圧を測定する電源電圧測定手段を有し、

前記オフセット補正情報は、互いに異なる 2 以上の電源電圧レベルを設定して、システム実使用に先立って予め測定することにより用意された電源電圧－オフセット特性情報を記憶する電源電圧－オフセット特性情報であり、

前記オフセット補正手段は、システムの実使用時において、電源電圧測定値と前記電源電圧－オフセット特性情報とに基づいて、該電源電圧測定値に対応するオフセット出力の推定値を算出し、前記電流センサの出力を前記算出されたオフセット出力の推定値を用いて補正する請求項 1 記載の車両用操舵制御システム。

【請求項 3】 システム実使用に先立って、予め定められた測定用電源電圧により前記電流検出用抵抗を用いて測定される、前記電流センサの出力値と標準

電流測定系の出力値との組を用いて決定された電流ゲイン補正情報を記憶する電流ゲイン補正情報手段と、

システム実使用時において、前記電流センサによる出力を前記電流ゲイン補正情報に基づいて補正する電流補正手段と、

を有する請求項 1 又は 2 に記載の車両用操舵制御システム。

【請求項 4】 操舵用のハンドル軸に与えられる操作角と車両の運転状態とに応じて、車輪操舵軸に与えるべき操舵角を決定し、当該操舵角が得られるように前記車輪操舵軸を操舵軸駆動モータにより回転駆動するようにした車両用操舵制御システムにおいて、

前記操舵軸駆動モータに通電される電流を検出するために、前記操舵軸駆動モータの電源となる車載バッテリーから該操舵軸駆動モータのドライバに至るモータ給電経路上に電流検出用抵抗を設け、該電流検出用抵抗の両端電圧差を差動増幅回路により電流検出信号として出力する電流センサと、

システム実使用に先立って、予め定められた測定用電源電圧により前記電流検出用抵抗を用いて測定される、前記電流センサの出力値と標準電流測定系の出力値との組を用いて決定された電流ゲイン補正情報を記憶する電流ゲイン補正情報記憶手段と、

システム実使用時において、前記電流センサの出力を前記電流ゲイン補正情報に基づいて補正する電流補正手段と、

を有することを特徴とする車両用操舵制御システム。

【請求項 5】 前記操舵軸駆動モータは PWM 制御されるものであり、

前記電流ゲイン補正情報は、前記電流センサの出力値と前記標準電流測定系の出力値として、予め定められたデューティ比により PWM 制御された電源電圧波形を用いて測定されたものを用いて決定されたものである請求項 3 又は 4 に記載の車両用操舵制御システム。

【請求項 6】 前記電流センサによる電流検出結果に基づいて、前記操舵軸駆動モータへの通電を制限するモータ作動制限手段を有する請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の車両用操舵制御システム。

【請求項 7】 前記ハンドル軸と前記車輪操舵軸とが機械的に分離された構

造を有し、

前記ハンドル軸への手動操作力が前記車輪操舵軸に直接伝達されるように、両軸を一体回転可能にロック結合したロック状態と、該ロック結合を解除したアンロック状態との間で切り替え可能なロック機構を有し、

前記モータ作動制限手段は、前記ロック機構を前記ロック状態とし前記操舵軸駆動モータを停止させるロック制御手段を有する請求項6記載の車両用操舵制御システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、自動車等の車両の操舵制御システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

車両の操舵装置、特に自動車用の操舵装置において、近年、その更なる高機能化の一端として、操舵ハンドルの操作角（ハンドル操作角）と車輪操舵角とを1：1比率に固定せず、ハンドル操作角の車輪操舵角への変換比（舵角変換比）を車両の運転状態に応じて可変とした、いわゆる可変舵角変換比機構を搭載したものが開発されている。車両の運転状態としては、例えば、車両速度（車速）を例示でき、高速運転時には舵角変換比を小さくすることにより、ハンドル操作角の増加に対して操舵角が急激に大きくならないようにすれば、高速走行の安定化を図ることができる。他方、低速走行時には、逆に舵角変換比を大きくすることで、一杯まで切るのに必要なハンドルの回転数を減少させることができ、車庫入れや縦列駐車あるいは幅寄せなど、操舵角の大きい運転操作を非常に簡便に行なうことができる。

【0003】

舵角変換比を可変化する機構としては、例えば特開平11-334604号公報に開示されているように、ハンドル軸と車輪操舵軸とを、ギア比が可変な歯車式伝達部にて直結したタイプのものがあるが、この構成は、歯車式伝達部のギア比変更機構が複雑になる欠点がある。そこで、モータにより車輪操舵軸を回転駆

動するタイプのものが、例えば特開平 11-334628 号公報等に提案されている。具体的には、角度検出部が検出するハンドル操作角と車両運転状態とに応じて定まる舵角変換比とに基づいて、コンピュータ処理により最終的に必要な車輪操舵角を演算し、その演算された車輪操舵角が得られるように、ハンドル軸から機械的に切り離された車輪操舵軸をモータにより回転駆動する。

#### 【0004】

上記のような操舵制御方式においては、自動車運転中になされる頻繁なハンドル操作により、車輪操舵軸の回転動作を司るモータの駆動頻度が非常に高くなる。従って、このモータを長期にわたって安定に作動させることが、この種の操舵制御方式を採用する自動車のメンテナンス性を向上させる上で重要である。例えば、過負荷等による過電流状態が長時間続くと、モータの性能劣化につながりやすくなる。そこで、モータに通電される電流値を電流センサによりモニタし、過電流状態が検出された場合はモータへの通電を制限する等により、モータを適度に保護しながら使用することが有効となる。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

電流センサは、通電経路上に電流検出用抵抗を設け、その両端電圧を、差動増幅回路を用いて電圧出力する方式が多く採用されている。差動増幅回路は入力差電圧がゼロの場合でも、一定のオフセット出力が存在する。このオフセット出力は、回路定数のバラツキにより必ずしも製品間で一定にはならない問題がある。また、入力差電圧レベルに対する電流検出出力のゲインも、電流センサの測定精度を担う重要なパラメータであるが、これも回路特性のバラツキを受けて製品間で変動する可能性がある。特に、オペアンプ IC を用いて回路を構成する場合、IC 特性の製品間バラツキ幅が比較的大きく、上記の問題が生じやすい。

#### 【0006】

従来、電流センサによる上記のような電流検出出力のオフセットやゲインのばらつきが問題になる場合、差動増幅回路の周辺に抵抗やコンデンサなどの部品を追加して、製品毎に特性を合わせ込むことが行なわれてきた。しかしながら、この方法は、部品追加や調整の工程が非常に面倒であり、コストもかかる。



## 【0007】

本発明は、電流センサの出力特性の製品間バラツキの影響を効果的に軽減でき、ひいては、該電流センサを用いて過電流等を的確に検出し、車輪操舵軸を駆動するモータを適切に保護することができる車両用操舵制御システムを提供することにある。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段及び作用・効果】

本発明は、操舵用のハンドル軸に与えられる操作角と車両の運転状態とに応じ、車輪操舵軸に与えるべき操舵角を決定し、当該操舵角が得られるように車輪操舵軸を操舵軸駆動モータにより回転駆動するようにした車両用操舵制御システムに関し、上記の課題を解決するために、その第一の構成は、

操舵軸駆動モータに通電される電流を検出するために、操舵軸駆動モータの電源となる車載バッテリーから該操舵軸駆動モータのドライバに至るモータ給電経路上に電流検出用抵抗を設け、該電流検出用抵抗の両端電圧差を差動増幅回路により電流検出信号として出力する電流センサと、

両端電圧差がゼロのとき差動増幅回路に生ずるオフセット出力を、システム実使用に先立って予め測定し、その測定値に基づいて作成された、電流センサの出力をオフセット補正するためのオフセット補正情報を記憶するオフセット補正情報記憶手段と、

システム実使用時において、電流センサの出力をオフセット補正情報に基づいて補正するオフセット補正手段と、

を有することを特徴とする。

## 【0009】

上記の本発明の車両用操舵制御システムの第一の構成によると、操舵軸駆動モータの電流を検出する電流センサのオフセット出力特性を、車両用操舵制御システムとして実使用に供する前に（つまり、出荷前に）予め実測し、その実測値に基づいてオフセット補正情報を作成して、記憶手段（例えばPROM（Programmable ROM:少なくとも1回は書き込みが可能なROM））に記憶しておく。そして、実使用時（つまり、出荷後）においては、そのオフセット補正情報に基づいて

、電流センサの出力をオフセット補正するようにした。その結果、オフセット調整のために差動増幅回路の回路定数を個別に調整したり、調整用の部品追加等を行なったりする必要がなくなるので安価であり、また、部品点数も少なくて済むので製造が容易である。また、製品毎にオフセットレベルを実測してオフセット補正情報を作成するから、補正後の電流センサ出力も正確である。これらのことから、電流センサの出力特性の製品間バラツキの影響を効果的に軽減でき、ひいては、該電流センサを用いて過電流等を的確に検出し、車輪操舵軸を駆動するモータを適切に保護することができる。

#### 【0010】

差動増幅回路のオフセット特性は、一般には入力差電圧をいずれもゼロにして測定されている。そして、入力電圧レベルがどのように変化しようとも、差電圧がゼロであれば、同じオフセット値が生ずると仮定して設計がなされることが多い。しかしながら、本発明者が検討したところ、入力電圧レベルが変化すると、入力差電圧がゼロであっても、差動増幅回路のオフセット電圧レベルには無視できない変化が生ずることが判明した。つまり、差動増幅回路の2つの入力端子に、互いに等しい入力電圧 $V$ を与えると、いずれも入力差電圧は $0\text{ V}$ であるが、 $V$ の値が異なるとオフセット出力が異なった値になる、ということである。

#### 【0011】

この場合、以下のように構成することで、そのような入力電圧レベルによるオフセット電圧変化の影響も効果的に軽減でき、ひいては電流センサ出力のオフセット補正をより正確に行なうことができる。すなわち、電流検出用抵抗に入力される電源電圧を測定する電源電圧測定手段を設ける。オフセット補正情報は、互いに異なる2以上の電源電圧レベルを設定して、システム実使用に先立って予め測定することにより用意された電源電圧－オフセット特性情報を記憶する電源電圧－オフセット特性情報とする。そして、オフセット補正手段は、システムの実使用時において、電源電圧測定値と電源電圧－オフセット特性情報とに基づいて、該電源電圧測定値に対応するオフセット出力の推定値を算出し、電流センサの出力を算出されたオフセット出力の推定値を用いて補正するものとする。

#### 【0012】

また、本発明の車両用操舵制御システムの第二の構成は、

操舵軸駆動モータに通電される電流を検出するために、操舵軸駆動モータの電源となる車載バッテリーから該操舵軸駆動モータのドライバに至るモータ給電経路上に電流検出用抵抗を設け、該電流検出用抵抗の両端電圧差を差動増幅回路により電流検出信号として出力する電流センサと、

システム実使用に先立って、予め定められた測定用電源電圧により電流検出用抵抗を用いて予め測定される、電流センサの出力値と標準電流測定系の出力値との組を用いて決定された電流ゲイン補正情報を記憶する電流ゲイン補正情報記憶手段と、

システム実使用時において、電流センサの出力を電流ゲイン補正情報に基づいて補正する電流補正手段と、

を有することを特徴とする。

### 【0013】

電流センサを補正する差動増幅回路は、入力差電圧レベルに対する電流検出出力のゲインが、回路特性のバラツキを受けて製品間で変動する可能性がある。上記の本発明の車両用操舵制御システムの第二の構成においては、システム実使用に先立って、測定用電源電圧を一定に設定し、電流センサの出力値と標準電流測定系の出力値とを個別に測定する。この測定により、電流センサの出力値が、電流検出精度のより高い標準電流測定系の出力値に対して、上記ゲインバラツキの影響により、どの程度の比率で狂っているかが把握できる。そこで、その測定された2つの出力値の組に基づいて電流ゲイン補正情報を作成し、記憶手段（例えばPROM）に記憶しておく。そして、実使用時においては、その電流ゲイン補正情報に基づいて、電流センサの出力を補正する。その結果、電流センサのゲイン調整のために差動増幅回路の回路定数を個別に調整したり、調整用の部品追加等を行なったりする必要がなくなるので安価であり、また、部品点数も少なくて済むので製造が容易である。また、製品毎に個別に測定を行なって電流ゲイン補正情報を作成するから、補正後の電流センサ出力も正確である。これらのことから、電流センサの出力特性の製品間バラツキの影響を効果的に軽減でき、ひいては、該電流センサを用いて過電流等を的確に検出し、車輪操舵軸を駆動するモータ

タを適切に保護することができる。

#### 【0014】

操舵軸駆動モータがPWM制御されるものである場合、上記電流ゲイン補正情報は、電流センサの出力値と標準電流測定系の出力値として、予め定められたデューティ比によりPWM制御された電源電圧波形を用いて測定されたものを用いて決定されたものを使用することが望ましい。PWM制御された電流波形は断続通電により方形波状となるので、差動増幅回路に差電圧として入力される電流検出用抵抗の両端電圧差の波形も、当然、多数の電圧変化エッジを有する方形波状のものとなる。このような方形波の実質的な電圧レベルは、最大電圧にデューティ比を乗じて計算される平均電圧レベルである。そして、ある電源電圧を定めて電流測定を行なう場合、PWM波形を用いる場合と、その平均電圧に等しい定常波形を用いる場合とで、電流測定結果には理論的には差が生じないはずである。しかしながら、次の2つの理由により、PWM制御された電源電圧波形を用いて測定を行なったほうが、より正確な電流ゲイン補正情報を作成することができる。

- ①操舵軸駆動モータは誘導性負荷であり、PWM波形ではスイッチングによるフライホイール電流が発生するが、定常波形ではこのフライホイール電流が発生しない。従って、定常波形での電流測定では、フライホイール電流の寄与が正確に反映されない。
- ②PWM波形は多数の電圧変化エッジを含む。差動増幅回路に電圧変化エッジが入力されると、スルーレートの影響を受けて出力波形のエッジに多かれ少なかれ鈍りが生ずる。しかしながら、定常波形ではスルーレートの影響をほとんど受けない。従って、定常波形での電流測定では、差動増幅回路のスルーレートの影響が正確に反映されない。

#### 【0015】

上記本発明の第一の構成と第二の構成とは、互いに組み合わせて実施することができ、この場合は、システム製品間における、電流センサ出力のオフセット及びゲインのバラツキの両方の影響を同時に抑制できるので、より効果が高められる。また、差動増幅回路がオペアンプICを用いて構成される場合は、IC特性

の製品間バラツキ幅が比較的大きいため、本発明の効果がより顕著に発揮される。

#### 【0016】

本発明の車両用操舵制御システムには、電流センサによる電流検出結果に基づいて、操舵軸駆動モータへの通電を制限するモータ作動制限手段を設けることができる。このようにすると、そして、電流センサによる電流検出精度が、本発明の採用により高められるので、例えば電流センサによる電流検出結果が操舵軸駆動モータの過電流状態を示すものとなったとき、モータへの通電が常に適切に制限され、過度の温度上昇等が抑制されるので、モータ寿命を向上させることができる。

#### 【0017】

なお、ハンドル軸と車輪操舵軸とは、機械的に分離された構造を採用することができる。この場合、ハンドル軸への手動操作力が車輪操舵軸に直接伝達されるように、両軸を一体回転可能にロック結合したロック状態と、該ロック結合を解除したアンロック状態との間で切り替え可能なロック機構を設けておくことができる。このようにすると、システム上のトラブルにより所期の操舵制御が行なえなくなったときは、ハンドル軸と車輪操舵軸とをロック結合することにより、ハンドルによるマニュアル操舵が可能となり、車両の運転を問題なく継続できる。モータ作動制限手段は、ロック機構をロック状態とし操舵軸駆動モータを停止させるロック制御手段を有するものとすることができる。電流センサが異常となった場合は修理が必要であるし、この修理がなされない限りは、電流センサによる正常な電流検出は望むべくもない。そこで、ハンドル軸と車輪操舵軸とをロック結合してハンドルによるマニュアル操舵に切り替え、操舵軸駆動モータを修理が完了するまで休止させておくことが、一つの有効な方法であるといえる。

#### 【0018】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、図面を用いて説明する。

図1は、本発明が適用される車両用操舵制御システムの、全体構成の一例を模式的に示したものである（なお、本実施形態において「車両」は自動車とするが

、本発明の適用対象はこれに限定されるものではない)。該車両用操舵制御システム1は、操舵用ハンドル2に直結されたハンドル軸3と、車輪操舵軸8とが機械的に分離された構成を有する。車輪操舵軸8は操舵軸駆動モータ(以下、単にモータともいう)6により回転駆動される。車輪操舵軸8の先端はステアリングギアボックス9内に延び、該車輪操舵軸8とともに回転するピニオン10がラックバー11を軸線方向に往復動させることにより、車輪13、13の転舵角が変化する。なお、本実施形態の車両用操舵制御システム1においては、ラックバー11の往復動が、周知の油圧式、電動式あるいは電動油圧式のパワーアシスト機構12により駆動補助されるパワーステアリングが採用されている。

#### 【0019】

ハンドル軸3の角度位置 $\phi$ は、ロータリエンコーダ等の周知の角度検出部からなるハンドル軸角度検出部101により検出される。他方、車輪操舵軸8の角度位置 $\theta$ は、同じくロータリエンコーダ等の角度検出部からなる操舵軸角度検出部103により検出される。また、本実施形態においては、自動車の運転状態を検出する運転状態検出部として、車速Vを検出する車速検出部(車速センサ)102が設けられている。車速検出部102は、例えば車輪13の回転を検出する回転検出部(例えばロータリエンコーダやタコジェネレータ)で構成される。そして、操舵制御部100が、検出されたハンドル軸3の角度位置 $\phi$ と車速Vとに基づいて、車輪操舵軸8の目標角度位置 $\theta'$ を決定し、該車輪操舵軸8の角度位置 $\theta$ が目標角度位置 $\theta'$ に近づくように、モータドライバ18を介してモータ6の動作を制御する。

#### 【0020】

なお、ハンドル軸3と車輪操舵軸8との間には、両者を一体回転可能にロック結合したロック状態と、該ロック結合を解除したアンロック状態との間で切り替え可能なロック機構19が設けられている。ロック状態では、ハンドル軸3の回転角が変換されることなく(つまり、舵角変換比が1:1)車輪操舵軸8に伝達され、マニュアルステアリングが可能となる。該ロック機構19のロック状態への切り替えは、異常発生時などにおいて操舵制御部100からの指令によりなされる。

## 【0021】

図2は、モータ6による車輪操舵軸8の駆動部ユニットの構成例を、自動車への取付状態にて示すものである。該駆動部ユニット14において、ハンドル2（図1）の操作によりハンドル軸3を回転させると、モータケース33がその内側に組み付けられたモータ6とともに一体的に回転するようになっている。本実施形態においては、ハンドル軸3は、ユニバーサルジョイント319を介して入力軸20に連結され、該入力軸20がボルト21、21を介して第一カップリング部材22に結合されている。この第一カップリング部材22にはピン31が一体化されている。他方、ピン31は、第二カップリング部材32の一方の板面中央から後方に延びるスリーブ32a内に係合しはめ込まれている。他方、筒状のモータケース33は、第二カップリング部材32の他方の板面側に一体化されている。なお、符号44はゴムあるいは樹脂にて構成されたカバーであり、ハンドル軸3と一体的に回転する。また、符号46は、コックピットパネル48に一体化された駆動部ユニット14を収容するためのケースであり、符号45は、カバー44とケース46との間をシールするシールリングである。

## 【0022】

モータケース33の内側には、コイル35、35を含むモータ6のステータ部分23が一体的に組み付けられている。該ステータ部分23の内側には、モータ出力軸36がベアリング41を介して回転可能に組み付けられている。また、モータ出力軸36の外周面には永久磁石からなる電機子34が一体化されており、この電機子34を挟む形でコイル35、35が配置されている。なお、コイル35、35からは、モータケース33の後端面に連なるように給電端子50が取り出され、該給電端子50において給電ケーブル42によりコイル35、35に給電がなされる。

## 【0023】

後述の通り、本実施形態においてモータ6はブラシレスモータであり、給電ケーブル42は、該ブラシレスモータの各相のコイル35、35に個別に給電する素線を集合させた帯状の集合ケーブルとして構成されている。そして、モータケース33の後端側に隣接する形でハブ43aを有するケーブルケース43が設け

られ、その中に給電ケーブル 42 が、ハブ 43 a に対してゼンマイ状に巻かれた形で收容されている。給電ケーブル 42 の、給電端子 50 に接続されているのと反対の端部は、ケーブルケース 43 のハブ 43 a に固定されている。そして、ハンドル軸 3 がモータケース 33 ひいては給電端子 50 とともに正方向又は逆方向に回転すると、ケーブルケース 43 内の給電ケーブル 42 は、ハブ 43 a への巻き付き又は繰り出しを生じさせることにより、上記モータケース 33 の回転を吸収する役割を果たす。

#### 【0024】

モータ出力軸 36 の回転は、減速機構 7 を介して所定比率（例えば  $1/50$ ）に減速された上で車輪操舵軸 8 に伝達される。本実施形態において減速機構 7 は、ハーモニックドライブ減速機にて構成してある。すなわち、モータ出力軸 36 には、楕円型のインナーレース付ベアリング 37 が一体化され、その外側に変形可能な薄肉の外歯車 38 がはめ込まれている。そして、この外歯車 38 の外側に、カップリング 40 を介して車輪操舵軸 8 が一体化された内歯車 39、139 が噛み合っている。内歯車 39、139 は、同軸的に配置された内歯車（以下、第一内歯車ともいう）39 と内歯車（以下、第二内歯車ともいう）139 とからなり、第一内歯車 39 がモータケース 33 に固定されて該モータケース 33 と一体回転する一方、第二内歯車 139 はモータケース 33 に非固定とされ、該モータケース 33 に対して相対回転可能とされている。第一内歯車 39 はこれと噛み合う外歯車 38 との歯数差がゼロであり、外歯車 38 との間での相対回転を生じない（つまり、回転するモータ出力軸 36 に対して、第一内歯車 39 ひいてはモータケース 33 及びハンドル軸 3 が、遊転可能に結合されているともいえる）。他方、第二内歯車 139 は外歯車 38 よりも歯数が大きく（例えば 2）、内歯車 139 の歯数を  $N$ 、外歯車 38 と内歯車 139 との歯数差を  $n$  とすると、モータ出力軸 36 の回転を  $n/N$  に減速した形で車輪操舵軸 8 に伝達する。また、内歯車 39、139 は、本実施形態においては、コンパクト化を図るために、ハンドル軸 3 の入力軸 20、モータ出力軸 36 及び車輪操舵軸 8 が同軸的に配置されている。

#### 【0025】



次に、ロック機構 19 は、ハンドル軸 3 に対して相対回転不能なロックベース部（本実施形態においてはモータケース 33）側に固定されたロック部材 51 と、ロック受けベース部（本実施形態においては、モータ出力軸 36 側）に設けられたロック受け部材 52 とを有する。図 3 に示すように、ロック部材 51 は、ロック受け部材 52 に形成されたロック受け部 53 に係合するロック位置と、該ロック受け部 53 から退避したアンロック位置との間で進退可能に設けられている。本実施形態においては、車輪操舵軸 8 と一体的に回転するロック受け部材 52 の周方向にロック受け部 53 が所定の間隔で複数形成され、ロック部材 51 の先端に設けられたロック部 51a が、車輪操舵軸 8 の回転角位相に応じて、それら複数のロック受け部 53 の任意の 1 つのものに選択的に係合するようになっている。ハンドル軸 3 はモータケース 33 に対し（本実施形態では、カップリング 22 及びピンにより）相対回転不能に結合されている。ロック部材 51 とロック受け部材 52 とが非係合（非ロック状態）の場合は、モータ出力軸 36 はモータケース 33 に対して回転し、その回転が外歯車 38 を経て第一内歯車 39 及び第二内歯車 139 にそれぞれ伝達される。モータケース 33 に固定された第一内歯車 39 は、前述の通り外歯車 38 に対して相対回転しないので、結果的にハンドル軸 3 と同速で回転する（つまり、ハンドル操作に追従して回転する）。また、第二内歯車 139 は、モータ出力軸 36 の回転を車輪操舵軸 8 に減速して伝達し、車輪操舵軸 8 の回転駆動を担う。他方、ロック部材 51 とロック受け部材 52 とが係合してロック状態になると、モータ出力軸 36 はモータケース 33 に対して相対回転不能となる。そして、減速機構 7 の内歯車 39、139 のうち、第一内歯車 39 がモータケース 33 に固定されているから、第一内歯車 39、外歯車 38 及び第二内歯車 139 の順でハンドル軸 3 の回転が車輪操舵軸 8 に直接伝達されることとなる。

#### 【0026】

なお、本実施形態においては、ロック受け部材 52 は、モータ出力軸 36 の一端の外周面に取り付けられ、各ロック受け部 53 は、該ロック受け部材 52 の外周面から半径方向に切れ込む凹状に形成されている。また、図 2 に示すように、ロック部材 51 は、モータケース 33 に設けられた回転ベース 300 に対し、車

輪操舵軸 8 とほぼ平行な軸線周りに回転可能に取り付けられ、その後端部 55a が結合されている。また、ソレノイド 55 の付勢が解除されたときに、ロック部材 51 を元の位置に弾性復帰させる弾性部材 54 が設けられている。ソレノイド 55 の付勢及び付勢解除の動作により、ソレノイド 55a の先端に設けられた凸部 55a とロック部材 51 の一端部 51b に形成された溝部を介してロック部材 51 の先端に形成されたロック部 51a が、前記したロック／アンロックのためにロック受け部材 52 に対し接近／離間する。なお、ソレノイド 55 の付勢時がロック状態となるかアンロック状態となるかは選択可能であるが、本実施形態では、ソレノイド 55 の付勢時にアンロックとなるように定めてある。これによると、電源遮断時等においてソレノイド 55 が付勢解除されたとき、弾性部材 54 の作用によりロック状態となり、マニュアル操舵が可能となる。

#### 【0027】

図 4 は、操舵制御部 100 の電氣的構成の一例を示すブロック図である。操舵制御部 100 の要部をなすのは 2 つのマイコン 110 及び 120 である。主マイコン 110 は、主 CPU 111、制御プログラムを格納した ROM 112、CPU 111 のワークエリアとなる主 CPU 側 RAM 113 及び入出力インターフェース 114 を有する。また、副マイコン 120 は、副 CPU 121、制御プログラムを格納した ROM 122、副 CPU 121 のワークエリアとなる副 CPU 側 RAM 123 及び入出力インターフェース 124 を有する。車輪操舵軸 8 を駆動するモータ 6（アクチュエータ）の動作制御を直接行なうのは主マイコン 110 であり、副マイコン 120 は、必要なパラメータ演算等、モータ 6 の動作制御に必要なデータ処理を主マイコン 110 と並行して行なうとともに、そのデータ処理結果を主マイコン 110 との間で通信することにより、主マイコン 110 の動作が正常であるかどうかを監視・確認し、必要に応じて情報の補完を行なう補助制御部としての機能を果たす。本実施形態において主マイコン 110 と副マイコン 120 とのデータ通信は、入出力インターフェース 114、124 間の通信によりなされる。なお、両マイコン 110 及び 120 は、自動車の運転終了後（すなわち、イグニッション OFF 後）においても、図示しない安定化電源からの電源電圧  $V_{cc}$ （例えば +5V）の供給を受け、RAM 113、123 あるいは E

EPROM (後述) 115 の記憶内容が保持されるようになっている。

#### 【0028】

ハンドル軸角度検出部 101、車速検出部 102 及び操舵軸角度検出部 103 の各出力は、主マイコン 110 及び副マイコン 120 の入出力インターフェース 114、124 にそれぞれ分配入力される。本実施形態では、いずれの検出部もロータリエンコーダで構成され、そのエンコーダからの計数信号が図示しないシュミットトリガ部を経て入出力インターフェース 114、124 のデジタルデータポートに直接入力されている。また、主マイコン 110 の入出力インターフェース 114 には、前述のロック機構 19 の駆動部をなすソレノイド 55 が、ソレノイドドライバ 56 を介して接続されている。

#### 【0029】

モータ 6 はブラシレスモータ、本実施形態では 3 相ブラシレスモータにて構成され、PWM 制御により回転速度が調整される。また、モータドライバ 18 には、モータ 6 の電源となる車載バッテリー 57 が接続されている。モータドライバ 18 が受電するバッテリー 57 の電圧 (電源電圧)  $V_s$  は、自動車の各所に分散した負荷の状態や、オルターネータの発電状態により随時変化する (例えば 9 ~ 14 V)。本実施形態においては、このような変動するバッテリー電圧  $V_s$  を、安定化電源回路を介さず、モータ電源電圧として直接使用する。操舵制御部 100 は、このように相当幅にて変動する電源電圧  $V_s$  の使用を前提として、モータ 6 の制御を行なうので、電源電圧  $V_s$  の検出部が設けられている。本実施形態では、モータ 6 への通電経路 (ドライバ 18 の直前) から電圧検出用の分岐経路が引き出され、そこに設けられた分圧抵抗 60、60 を経て電圧検出信号を取り出している。該電圧検出信号はコンデンサ 61 により平滑化された後、電圧フォロワ 62 を経て入出力インターフェース 114、124 の A/D 変換機能付入力ポート (以下、A/D ポートという) に入力される。

#### 【0030】

また、過電流発生の有無など、モータ 6 の通電状態を監視するために、モータ 6 への通電経路上に電流検出部が設けられている。具体的には、経路上に設けられた電流検出抵抗としてのシャント抵抗 58 の両端電圧差を電流センサ 70 によ

り検出し、入出力インターフェース 114, 124 の A/D ポートに入力するようにしている。電流センサ 70 は、図 5 に示すように、シャント抵抗 58 の両端電圧を、電圧フォロワ 71, 72 を介して取り出し、オペアンプ IC 73 と周辺の抵抗器 74 とからなる差動増幅器 75 により増幅して出力するものである。差動増幅器 75 の出力は、シャント抵抗 58 を流れる電流値に比例したものとなるので、これを電流検出出力として用いることができる。

### 【0031】

図 4 に戻り、両マイコン 110, 120 の RAM 113, 123 には、それぞれ以下のようなメモリエリアが形成されている。

- (1) 車速検出値メモリ：車速センサ 102 からの現在の車速  $V$  の検出値を記憶する。
- (2) ハンドル軸角度位置 ( $\phi$ ) カウンタメモリ：ハンドル軸角度位置検出部 101 をなすロータリエンコーダからの計数信号をカウントし、ハンドル軸角度位置  $\phi$  を示すそのカウント値を記憶する。なお、ロータリエンコーダは回転方向の識別が可能なものを使用し、正方向回転の場合はカウンタをインクリメントし、逆方向回転の場合はデクリメントする。
- (3) 舵角変換比 ( $\alpha$ ) 算出値メモリ：車速検出値に基づいて算出された舵角変換比  $\alpha$  を記憶する。
- (4) 目標操舵軸角度位置 ( $\theta'$ ) 算出値メモリ：現在のハンドル軸角度位置  $\phi$  と舵角変換比  $\alpha$  との値から、例えば  $\phi \times \alpha$  により算出された操舵軸角度位置の目標値、すなわち目標操舵軸角度位置  $\theta'$  の値を記憶する。
- (5) 操舵軸角度位置 ( $\theta$ ) カウンタメモリ：操舵軸角度検出部 103 をなすロータリエンコーダからの計数信号をカウントし、操舵軸角度位置  $\theta$  を示すそのカウント値を記憶する。操舵軸角度検出部 103 は操舵軸駆動モータの回転検出を行なうものであり、回転方向の識別が可能なインクリメント型ロータリエンコーダとして構成されている。車輪操舵軸 8 の回転方向が正であれば上記のカウンタをインクリメントし、逆であればカウンタをデクリメントする。
- (6)  $\Delta\theta$  算出値メモリ：目標操舵軸角度位置  $\theta'$  と現在の操舵軸角度位置  $\theta$  との隔たり  $\Delta\theta$  ( $\equiv \theta' - \theta$ ) の算出値を記憶する。

(7)電源電圧 ( $V_s$ ) 検出値メモリ: モータ6の電源電圧  $V_s$  の検出値を記憶する。

(8)デューティ比 ( $\eta$ ) 決定値メモリ: モータ6をPWM通電するための、 $\Delta\theta$ と電源電圧  $V_s$  とに基づいて決定されたデューティ比  $\eta$  を記憶する。

(9) 電流検出値 ( $I_s$ ) メモリ: 電流センサ70の出力(後述の補正後)に基づく電流検出値  $I_s$  の値を記憶する。

#### 【0032】

そして、上記主マイコン110は、ROM112に記憶された制御プログラムにより、本発明の以下の各手段として機能する(副マイコン120も、ROM122に記憶された制御プログラムにより、主マイコン監視用に同様の処理が実行される)。

①オフセット補正手段: 電流センサ70の出力を、後述のオフセット補正情報に基づいて補正する。

②電源電圧測定手段: シャント抵抗に入力される電源電圧を測定する。

③電流補正手段: 電流センサによる出力を電流ゲイン補正情報に基づいて補正する。

④ロック制御手段(モータ作動制限手段): 電流センサ70の出力が、過電流など、予め定められた異常判定条件を満たしたとき、ロック機構19のロック用ソレノイド55の付勢状態を切り替えて、ハンドル軸3と車輪操舵軸8とをロック結合状態とし、モータ6を停止させる。

#### 【0033】

また、主マイコン110の入出力インターフェース114には、運転終了時(つまり、イグニッションOFF時)における車輪操舵軸8の角度位置、すなわち終了角度位置と、電流センサ70の出力の後述するオフセット補正情報及び電流ゲイン補正情報を記憶するためのEEPROM115(オフセット補正情報記憶手段、電流ゲイン補正情報記憶手段)が設けられている。該EEPROM115(PROM)は、主CPU111が主CPU側RAM112に対するデータ読出し/書き込みを行なう第一の動作電圧(+5V)においては、主CPU111によるデータの読出しのみが可能であり、他方、第一の動作電圧(+5V)とは異

なる第二の動作電圧（本実施形態では、第一の動作電圧より高い電圧が採用される：例えば+7V）を設定することにより主CPU111によるデータの書き込みが可能となるものであり、主CPU111が暴走しても内容が誤って書き換えられることがない。第二の動作電圧は、EEPROM115と入出力インターフェース114との間に介在する図示しない昇圧回路によって生成される。

#### 【0034】

以下、車両用操舵制御システム1の動作について説明する。

図12には、主マイコン110による制御プログラムの主ルーチンの処理の流れを示すものである。S1は初期化处理であり、前回イグニッションスイッチをOFFにしたときの終了処理にてEEPROM115に書き込まれている車輪操舵軸8の終了角度位置（後述）を読み出し、該終了角度位置を、処理開始に際しての車輪操舵軸8の初期角度位置として設定することを要旨とする。具体的には、終了角度位置を示すカウンタ値を、前述の操舵軸角度位置カウンタメモリにセットする。なお、後述するEEPROM115へのデータ書き込み完了フラグは、この時点でクリアしておく。

#### 【0035】

初期化处理が終了すれば、S2に進んで操舵制御処理となる。該操舵制御処理は、パラメータサンプリングの間隔を均一化するために、一定の周期（例えば数百 $\mu$ s）にて繰り返し実行される。その詳細を、図13により説明する。S201においては、現在の車速Vの検出値をリードし、次いでS202ではハンドル軸角度位置 $\phi$ をリードする。そして、S203においては、車速Vの算出値から、ハンドル軸角度位置 $\phi$ を目標操舵軸角度位置 $\theta'$ に変換するための舵角変換比 $\alpha$ を決定する。舵角変換比 $\alpha$ は、車速Vに応じて異なる値が設定される。具体的には、図10に示すように、車速Vが一定以上に大きい状態では、舵角変換比 $\alpha$ は小さく設定され、車速Vが一定以下に小さい低速走行時には舵角変換比 $\alpha$ は大きく設定される。本実施形態では、図9に示すような、種々の車速Vに対応した舵角変換比 $\alpha$ の設定値を与えるテーブル130をROM112（122）に格納しておき、このテーブル130を参照して現在の車速Vに対応する舵角変換比 $\alpha$ を補間法により算出する。なお、本実施形態においては、車両の運転状態を示す

情報として車速  $V$  を用いているが、これ以外にも、車両が受ける横圧や路面の傾斜角等を車両の運転状態を示す情報としてセンサにより検出し、その検出値に応じて舵角変換比  $\alpha$  を特有の値に設定することが可能である。また、車速  $V$  に応じて舵角変換比  $\alpha$  の基本値を決定し、上記のような車速以外の情報に基づいて、その基本値を随時補正して使用することも可能である。

#### 【0036】

S204では、検出されたハンドル軸角度位置  $\phi$  に、決定された舵角変換比  $\alpha$  を乗じて目標操舵軸角度位置  $\theta'$  を算出する。そして、S205において、現在の操舵軸角度位置  $\theta$  を読み取る。S206では、操舵軸角度位置カウンタから求められた現在の操舵軸角度位置  $\theta$  と目標操舵軸角度位置  $\theta'$  との隔たり  $\Delta\theta$  ( $=\theta'-\theta$ ) を算出する。さらにS207においては、現在の電源電圧  $V_s$  の検出値を読み取る。

#### 【0037】

モータ6は、目標操舵軸角度位置  $\theta'$  と現在の操舵軸角度位置  $\theta$  との差  $\Delta\theta$  が縮小するように車輪操舵軸8を回転駆動する。そして、操舵軸角度位置  $\theta$  が目標操舵軸角度位置  $\theta'$  に迅速かつスムーズに近づくことができるように、 $\Delta\theta$  が大きいときはモータ6の回転速度を大きくし、逆に  $\Delta\theta$  が小さいときはモータ6の回転速度を小さくする。基本的には  $\Delta\theta$  をパラメータとした比例制御であるが、オーバーシュートやハンチング等を抑制し、制御の安定化を図るために、 $\Delta\theta$  の微分あるいは積分を考慮した周知のPID制御を行なうことが望ましい。

#### 【0038】

モータ6は前述の通りPWM制御されており、回転速度は、そのデューティ比  $\eta$  を変更することにより調整される。図13のS208において、そのデューティ比が決定される。電源電圧  $V_s$  が一定であれば、デューティ比により回転速度をほぼ一義的に調整できるが、本実施形態では前述の通り電源電圧  $V_s$  は一定でない。従って、電源電圧  $V_s$  も考慮してデューティ比  $\eta$  を定めるようにする。例えば、図11に示すように、種々の電源電圧  $V_s$  と  $\Delta\theta$  との各組み合わせに対応したデューティ比  $\eta$  を与える二次元のデューティ比変換テーブル131をROM112(122)に格納しておき、電源電圧  $V_s$  の検出値と  $\Delta\theta$  の算出値に対応

するデューティ比 $\eta$ の値を読み取って用いることができる。なお、モータ6の回転速度は負荷によっても変動する。この場合、電流センサ70によるモータ電流 $I_s$ の検出値を元に、モータ負荷の状態を推定し、デューティ比 $\eta$ を補正して用いることも可能である。

#### 【0039】

次に、S209に進み、電流検出処理となる。図5に示す電流センサ70は、既に説明した通り、モータ6の電源となる車載バッテリー57から、モータ6のドライバ18に至るモータ給電経路上に設けられたシャント抵抗58の両端電圧差を、差動増幅回路75により電流検出出力信号（信号自体は電圧信号である）として出力するものである。そして、この電流検出出力 $V_f$ を、EEPROM115に記憶されたオフセット補正情報及び電流ゲイン補正情報により補正した後、最終的な電流検出値 $I_s$ として採用する。

#### 【0040】

オフセット補正情報及び電流ゲイン補正情報とは、車両用操舵制御システム1の出荷前に、図8に示す流れに従って、以下のようにして作成されるものである。まず、ハードウェア的な組立の完了した操舵制御部100の回路基板において、図6に示すように、シャント抵抗58の両端に対応した電流センサ70の2つの入力端子に、測定用電源150の出力端子を分岐して接続する。本実施形態では、出力電源電圧が一定範囲で可変な専用の安定化電源装置を用いている。測定用電源の出力電圧値 $V_r$ は、操舵制御部100（の主マイコン110及び副マイコン111）に入力されるように接続する。なお、操舵制御部100にはバッテリー57は接続されておらず、測定用電源150が操舵制御部100の動作電源として機能する。従って、測定用電源150の出力電圧範囲は、操舵制御部100の下限動作電圧（一例として、主マイコン110及び副マイコン111の動作保障電圧である：例えば9V）と上限動作電圧（例えば、オルターネータ電圧重畳を考慮した最大バッテリー電圧：例えば14V）を包含するように設定される。

#### 【0041】

図8に戻り、T1において、ドライバ18の半導体スイッチング素子をすべて



OFFにした状態で、測定用電源150の出力電圧をV1（例えば下限動作電圧；9V）に設定する。これにより、シャント抵抗58の両端には同じ電圧V1が印加され、電流は本来流れない。また、電流センサ70の差動増幅回路73の2つの入力電圧は同じV1となる。そして、このときの電流センサ70のオフセット出力電圧E01を、主マイコン110（及び副マイコン120）にて読み取り、RAM113（123）に格納する。続いてT2では、測定用電源150の出力電圧をV2（例えば上限動作電圧；14V）に設定し、このときの電流センサ70のオフセット出力電圧E02を、主マイコン110（及び副マイコン111）にて読み取り、RAM113（123）に格納する。

#### 【0042】

T3においては、主マイコン110（及び副マイコン120）のRAM113（123）に予めロードされたデータ作成用プログラムにより、オフセット勾配G0を、以下の式により算出する。

$$G0 = (E02 - E01) / (V2 - V1) \quad \dots\dots①$$

このG0は、電源電圧Vが単位量変化したときに、オフセット出力E0がどの程度変化するかを示すものである。また、T4においては、オフセット切片Cを、以下の式により算出する。

$$C = E02 - G0 \times V2 \quad \dots\dots②$$

図8のグラフに模式的に示すように、任意の電源電圧V<sub>x</sub>が与えられたときの、オフセット出力の推定値E0<sub>x</sub>は、上記2つの電源電圧V1, V2による2点近似により、

$$E0 = G0 \times (V_x - V2) + E02 \quad \dots\dots③$$

にて表される。この式を変形すると、

$$E0 = G0 \times V_x + C \quad \dots\dots③'$$

となり、②で算出したオフセット切片Cは、V<sub>x</sub>がゼロの時のオフセット出力の推定値E0<sub>x</sub>の値を表す。これらG0とCがオフセット補正情報であり、図13の電流検出処理（S209）において、上記③'式に基づいてオフセット補正がなされる。なお、③'式は2点近似による一次式であるが、精度を高めるために3点以上の測定を行ない、最小二乗法により得られる直線のG0とCの値を採用

するようにしてもよい。また、3点以上の測定を行なう場合は、直線回帰ではなく、多項式等を用いた曲線回帰を行って、③' に代わるオフセット補正式を用いてもよい。

#### 【0043】

次に、測定回路を図7のように組み替える。すなわち、出力電圧が一定値  $V_m$  の安定化電源152（出力可変としてもよい）を、バッテリー57の代わりにシヤント抵抗58に接続し、その経路上に、標準電流測定系として、電流センサ70よりも高精度の較正用電流計151を接続する。この較正用電流計151の出力  $I_B$  が、操舵制御部100（の主マイコン110及び副マイコン111）に入力されるように接続する。

#### 【0044】

図8に戻り、T5では、安定化電源152の電圧をゼロにして、電流センサ70の出力（出力電圧値は係数変換により電流直読可能であるので、以下、電流センサ値と記載する） $I_0'$  を主マイコン110（及び副マイコン120）にて読み取り、RAM113（123）に格納する。このときの較正用電流計151の指示値  $I_B$  をゼロと仮定することにより、結果的に、電流ゲイン補正の測定点が1点求められたことになる（逆に、ゼロからの隔たりが大きい値が得られるようであれば、較正用電流計151は標準電流測定系としての意味を持たない）。

#### 【0045】

続いてT6では、測定用電源150の出力電圧を  $V_m$ （例えば12V）に設定し、また、一定のデューティ比（例えば本実施形態では50%）設定にて、主マイコン110によりドライバ18を介してモータ6をPWM通電する。そして、このときの較正用電流計151の指示値  $I_B$  と電流センサ値  $I_s'$  とを、主マイコン110（及び副マイコン120）にて読み取り、RAM113（123）に格納する（T7, T8）。これにより、電流ゲイン補正の測定点がさらに1点求められたことになる。

#### 【0046】

そして、T9では、主マイコン110（及び副マイコン120）のRAM113（123）に予めロードされたデータ作成用プログラムにより、電流ゲイン補

正勾配  $G I$  を、以下の式により算出する。

$$G I = I B / (I s' - I 0') \quad \cdots \cdots \textcircled{4}$$

この  $G I$  は、電流センサ値  $I$  が単位量変化したときに、ゲイン補正済み電流（以下、実電流値という） $I$  がどの程度変化するかを示すものである。なお、 $\textcircled{4}$ 式も 2 点近似ではなく、精度を高めるために 3 点以上の測定を行ない、最小二乗法により得られる勾配を採用するようにしてもよい。

#### 【0047】

T10では、以上のようにして得られた  $G 0$ 、 $C$ 、 $G I$ 、 $I 0'$  の各値を、オフセット補正情報及び電流ゲイン補正情報としてEEPROM115に記憶する。

#### 【0048】

図14は、電流検出処理の詳細を示すものである。S301においては、電流センサ70の出力（電流センサ値） $V f$ を読み取る。さらに、S302においては、S207（図13）にて既にリードされている電源電圧  $V s$  でのオフセット出力の推定値  $V 0$  を、前述の $\textcircled{3}'$ により、EEPROM115に格納された  $G 0$ 、 $C$  の値と  $V f$  の値とを用いて算出する。このオフセット出力は、電流センサ70による電流検出出力に上乘せされていると見ることができるから、S303においては、センサ出力  $V f$  からオフセット出力  $V 0$  を減算し、オフセット補正を行なう。すなわち、オフセット補正済み電流検出値を  $I s'$  とすれば、

$$I s' = V f - V 0 \quad \cdots \cdots \textcircled{5}$$

である。

#### 【0049】

そして、S304ではゲイン補正を行なう。まず、電圧ゼロにおいても、センサ出力はゼロにはならず一定の値  $I 0'$  となるから、これをEEPROM115から読み出し、 $I s' - I 0'$  を算出する。そして、この値に、EEPROM115から読み出した電流ゲイン補正勾配  $G I$  の値を乗ずれば、補正済み電流検出値  $I s$  が算出できる。

#### 【0050】

本実施形態では、補正済み電流検出値  $I s$  が規定の条件を超えて大きくなった

ときは過電流と判断し、上記と同様にハンドル軸 3 と車輪操舵軸 8 とのロックを行なって、モータ 6 を停止させる。例えば、電流検出値  $I_s$  が、規定値よりも高い状態が一定時間以上継続する場合は過電流と判断して、上記のロック機構 19 を作動させることができる（例えば、過電流状態が解消されれば、ロックを解除する）。

#### 【0051】

図 13 に戻り、上記の S 209 までの処理は、図 4 の主マイコン 110 と副マイコン 120 との双方にて並列的に実行される。例えば、主マイコン 110 の動作が正常であるかどうかは、主マイコン 110 の RAM 113 に記憶された各パラメータの演算結果を副マイコン 120 に随時転送し、副マイコン 120 側にて、RAM 123 の記憶内容と照合することにより、不具合発生の有無を監視させることができる。他方、主マイコン 110 側では、決定されたデューティ比  $\eta$  を元に PWM 信号を生成する。そして、操舵軸角度検出部 103 をなすロータリエンコーダからの信号を参照してモータドライバ 18 に該 PWM 信号を出力することにより、モータ 6 を PWM 制御する。

#### 【0052】

図 12 に戻り、S 3 ではイグニッションスイッチが OFF されているかどうかを確認し、もし OFF されている場合は S 4 の終了処理となる。すなわち、イグニッションスイッチが OFF になっている場合は、自動車の運転が終了したことを意味するから、主マイコン 110 において操舵軸角度位置カウンタに記憶されている、車輪操舵軸 8 の終了角度位置を読み出し、これを EEPROM 115 に格納し、さらに、RAM 113 に設けられたデータ書き込み完了フラグをセットして処理を終了する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の車両用操舵制御システムの全体構成を模式的に示す図。

##### 【図 2】

駆動部ユニットの一実施例を示す縦断面図。

##### 【図 3】

図 2 の A-A 断面図。

【図 4】

本発明の車両用操舵制御システムの電氣的構成の一例を示すブロック図。

【図 5】

電流センサの回路例を示す図。

【図 6】

オフセット補正情報を作成するための回路例。

【図 7】

電流ゲイン補正情報を作成するための回路例。

【図 8】

オフセット補正情報と電流ゲイン補正情報との作成手順の一例を示すフローチャート。

【図 9】

舵角変換比と車速との関係を与えるテーブルの模式図。

【図 10】

車速に応じて舵角変換比を変化させるパターンの一例を示す模式図。

【図 11】

モータ電源電圧と角度偏差  $\Delta \theta$  とによりデューティ比を決定するための二次元テーブルの模式図。

【図 12】

本発明の車両用操舵制御システムにおけるコンピュータ処理の主ルーチンの一例を示すフローチャート。

【図 13】

図 12 の操舵制御処理の詳細の一例を示すフローチャート。

【図 14】

図 13 の電流検出処理の一例を示すフローチャート。

【符号の説明】

3 ハンドル軸

6 モータ

8 車輪操舵軸

5 8 シヤント抵抗

7 0 電流センサ

7 5 差動増幅回路

1 0 0 操舵制御部

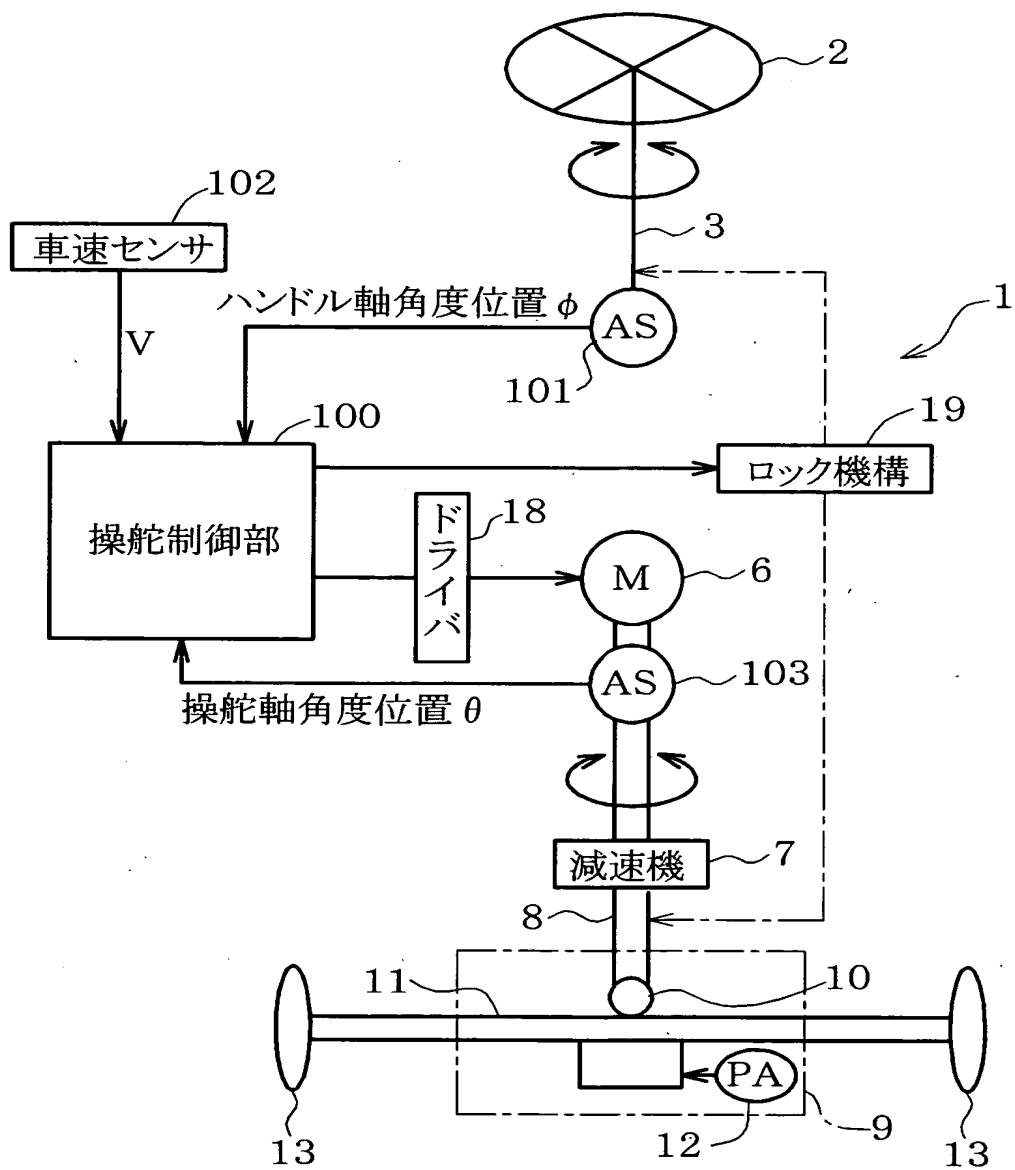
1 1 0 主マイコン（オフセット補正手段、電源電圧測定手段、電流補正手段  
、ロック制御手段（モータ作動制限手段））

1 0 1 ハンドル軸角度検出部

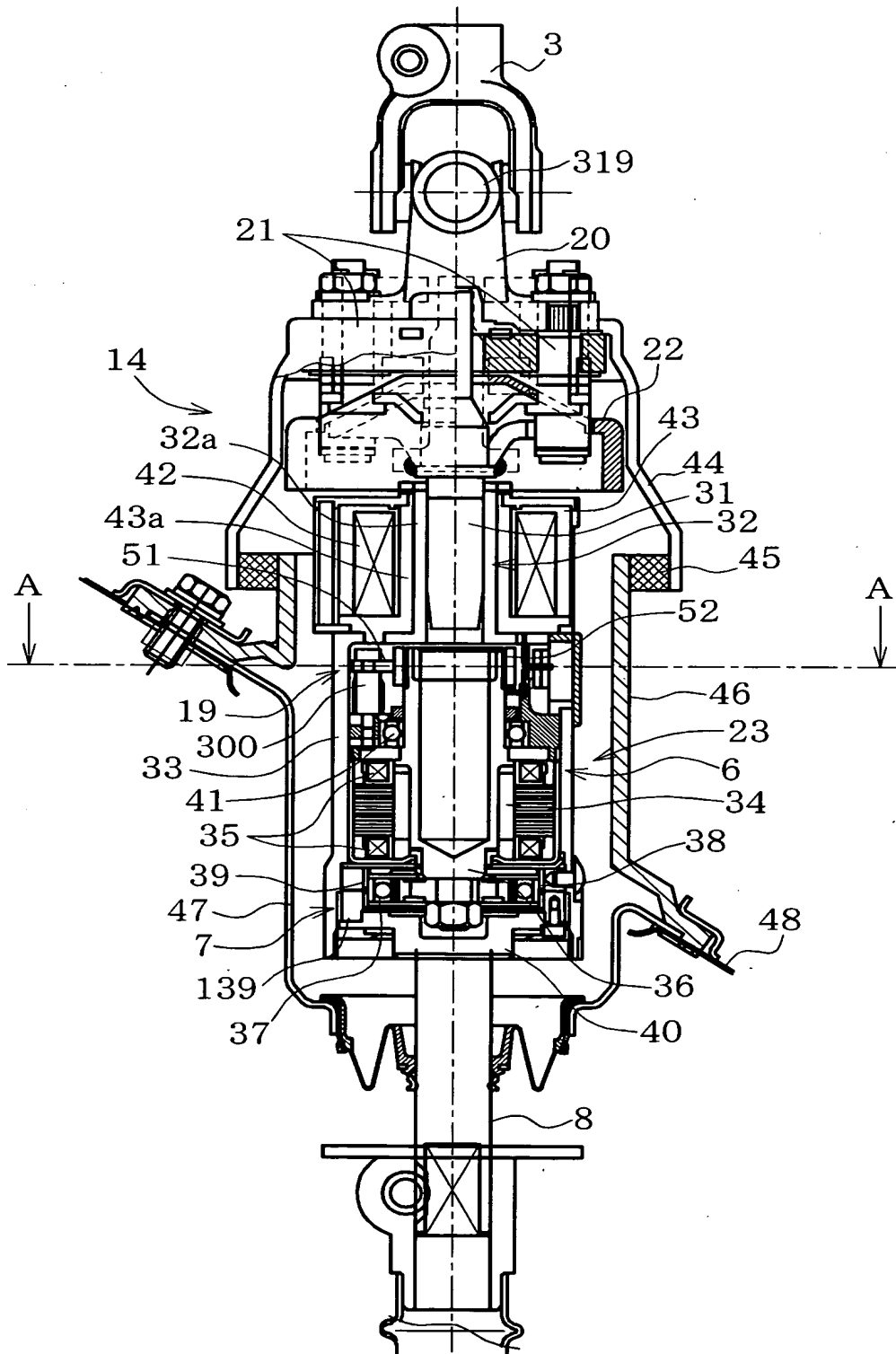
1 0 3 操舵軸角度検出部

【書類名】 図面

【図 1】

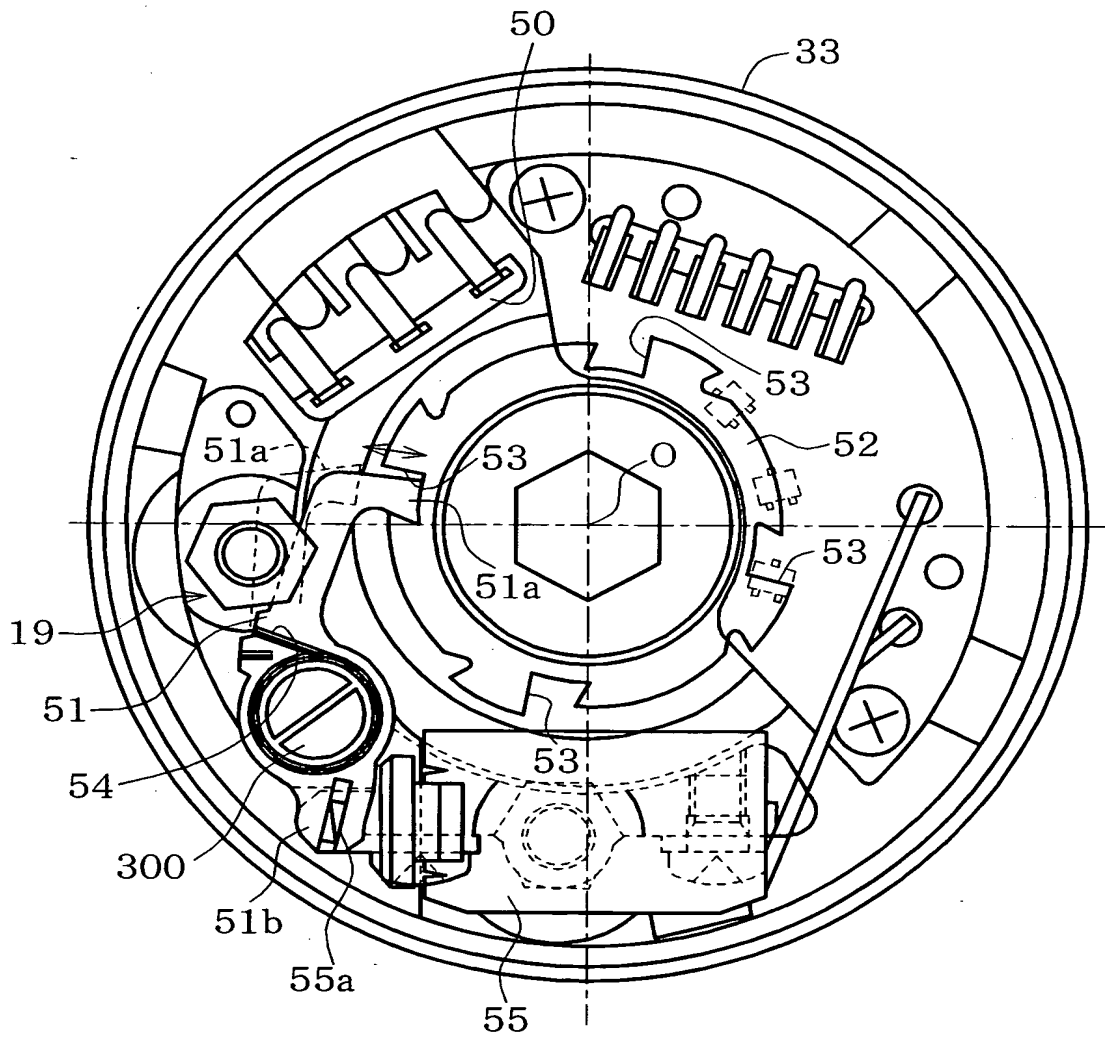


【図 2】

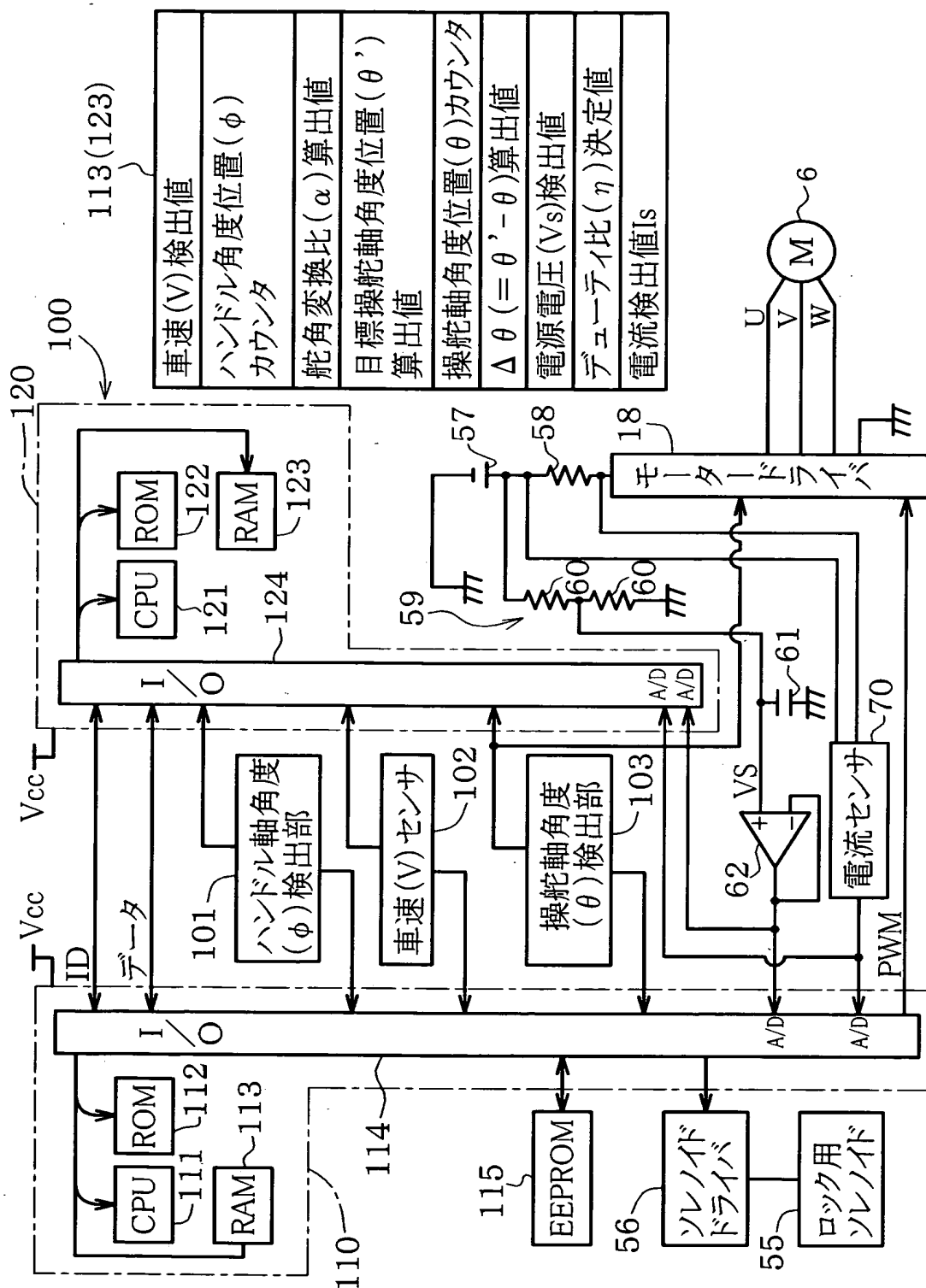




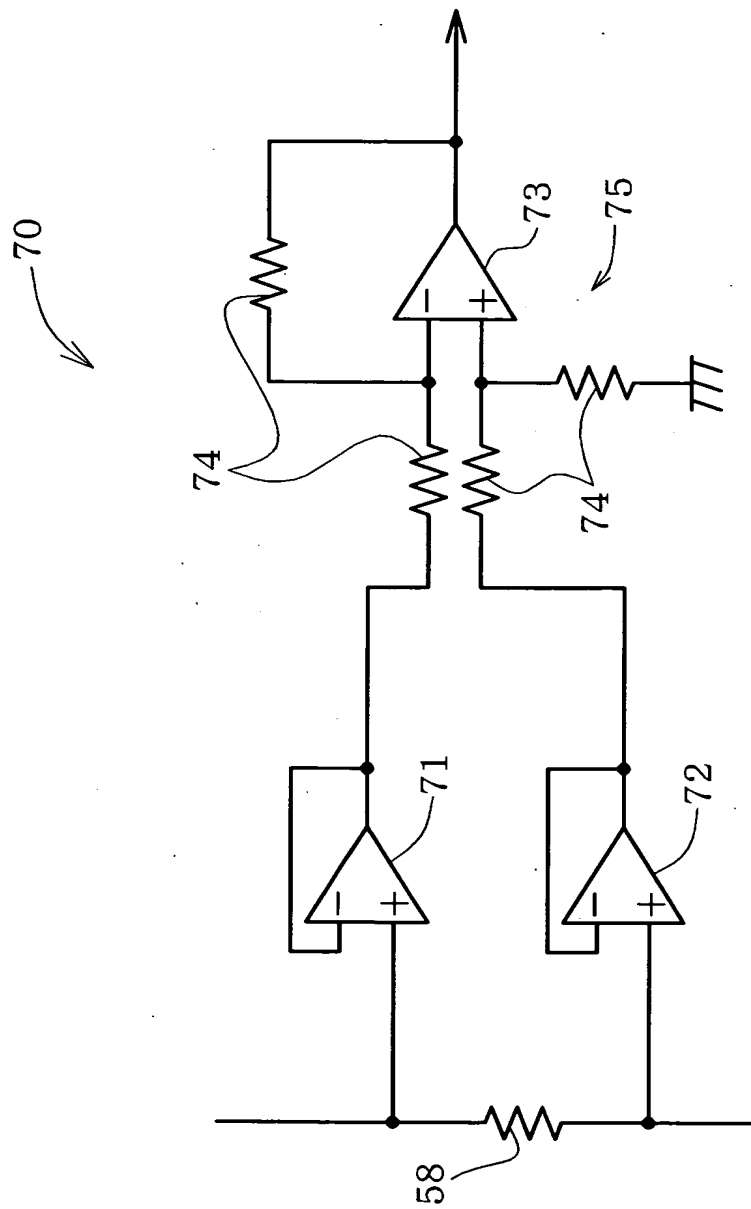
【図 3】



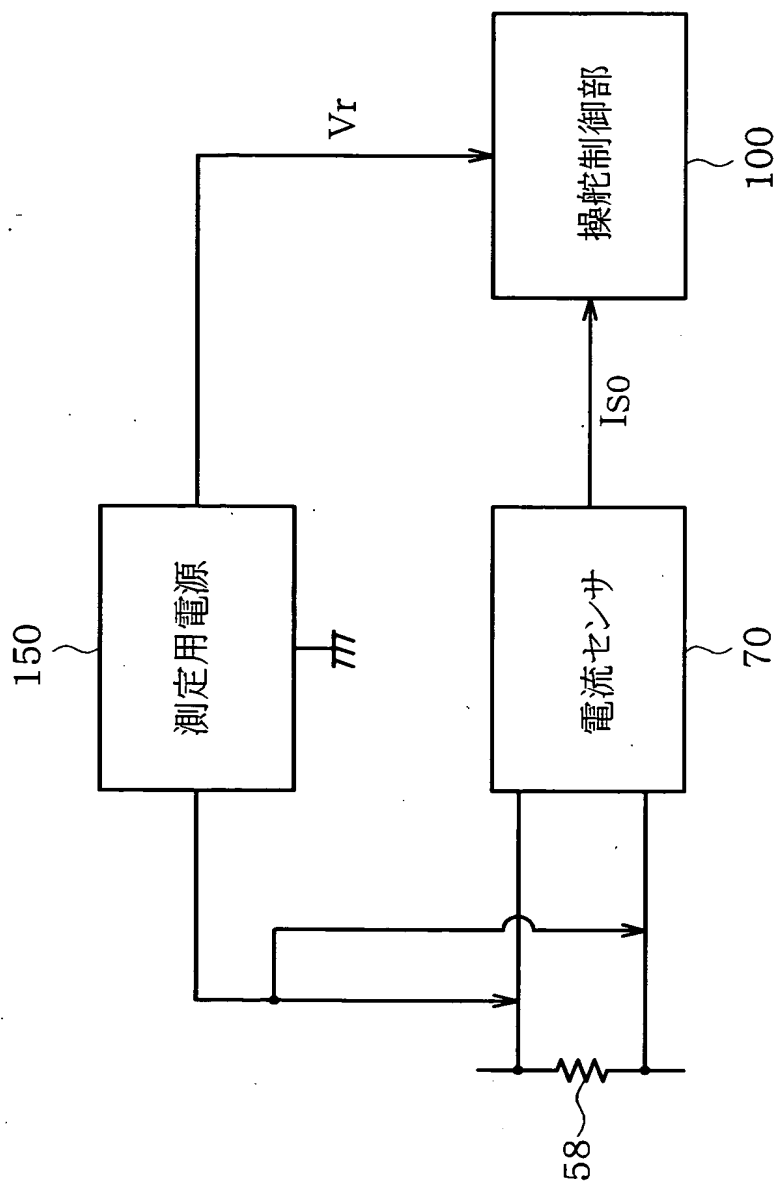
【図 4】



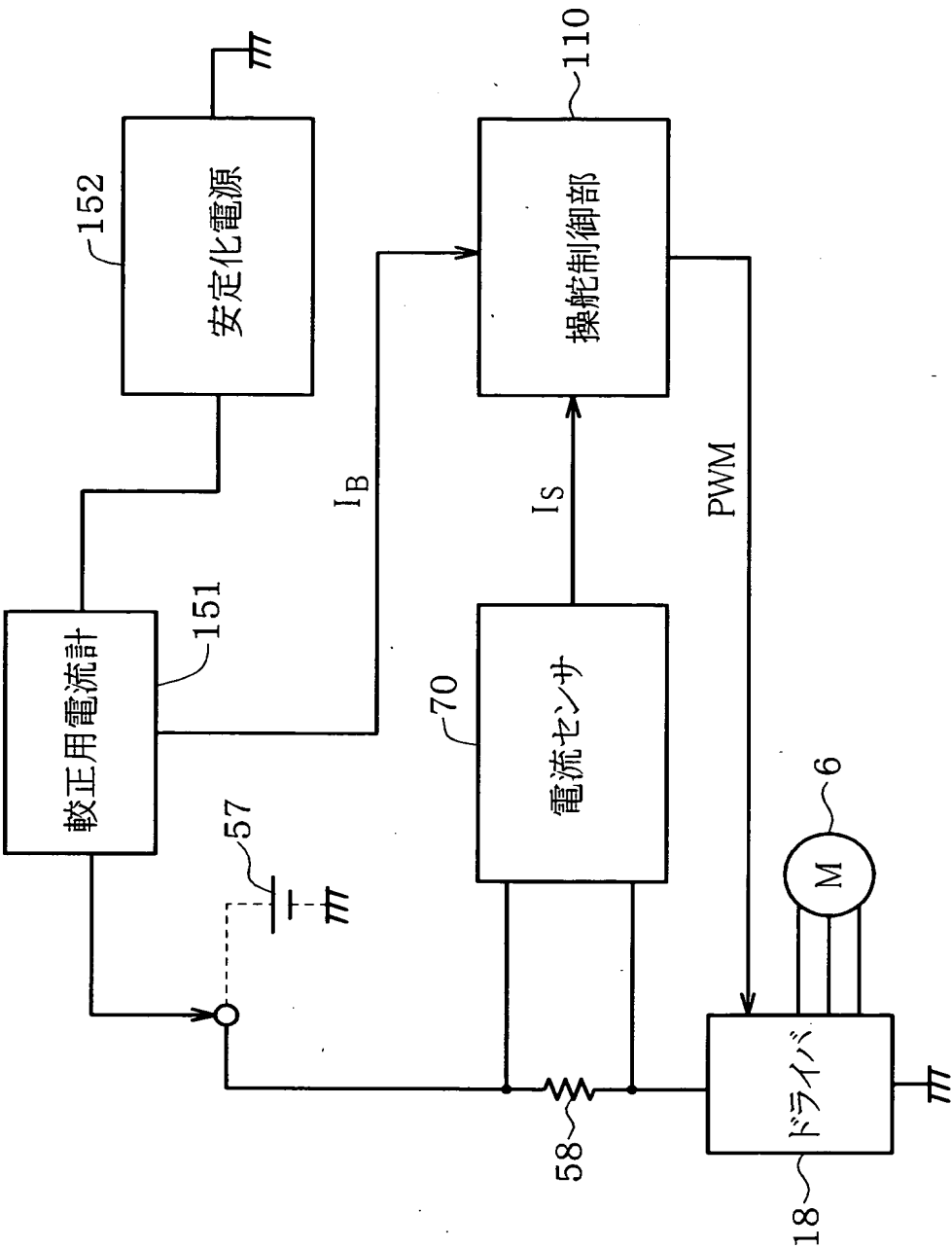
【図 5】



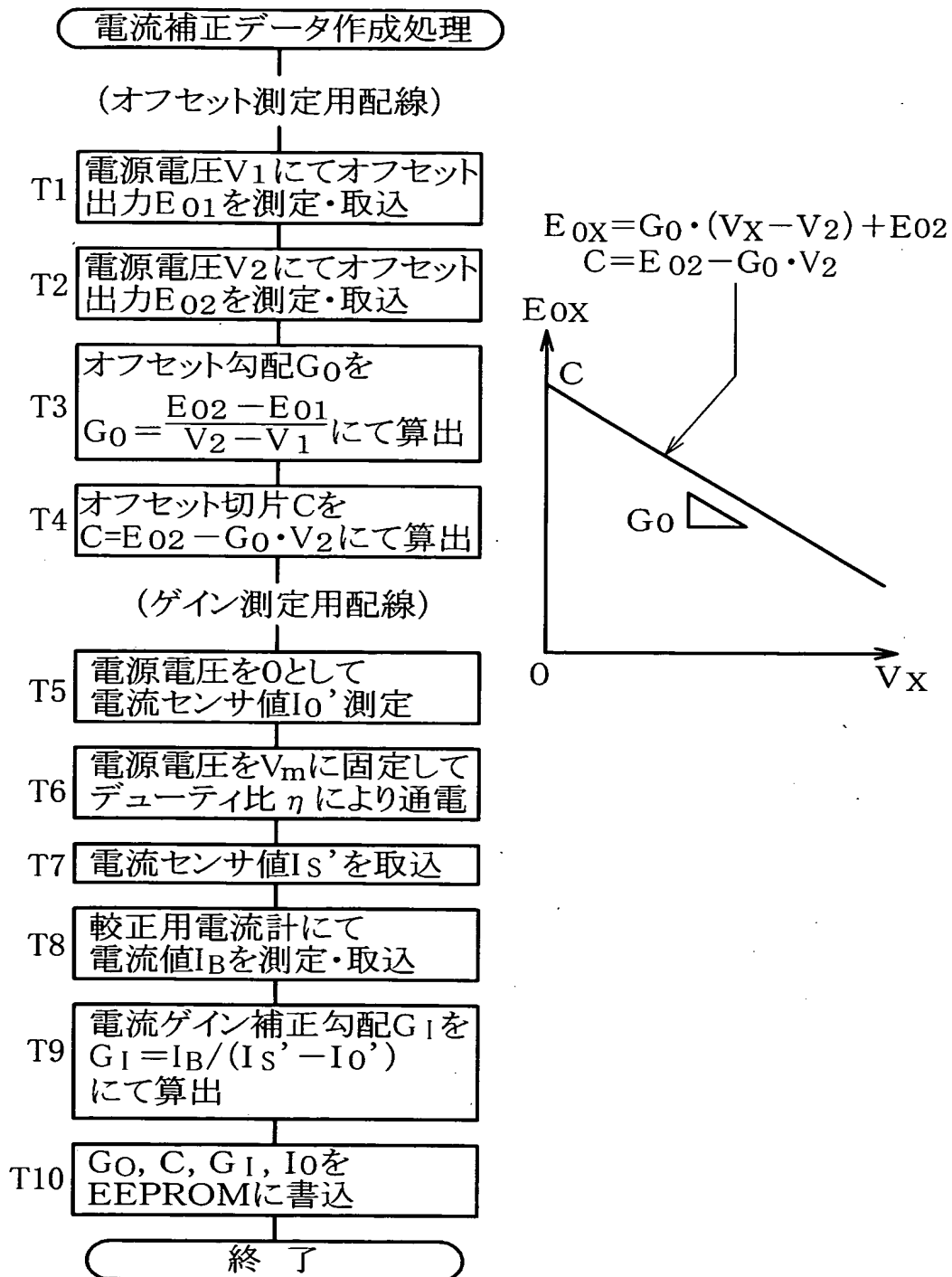
【図 6】



【図 7】



【図 8】



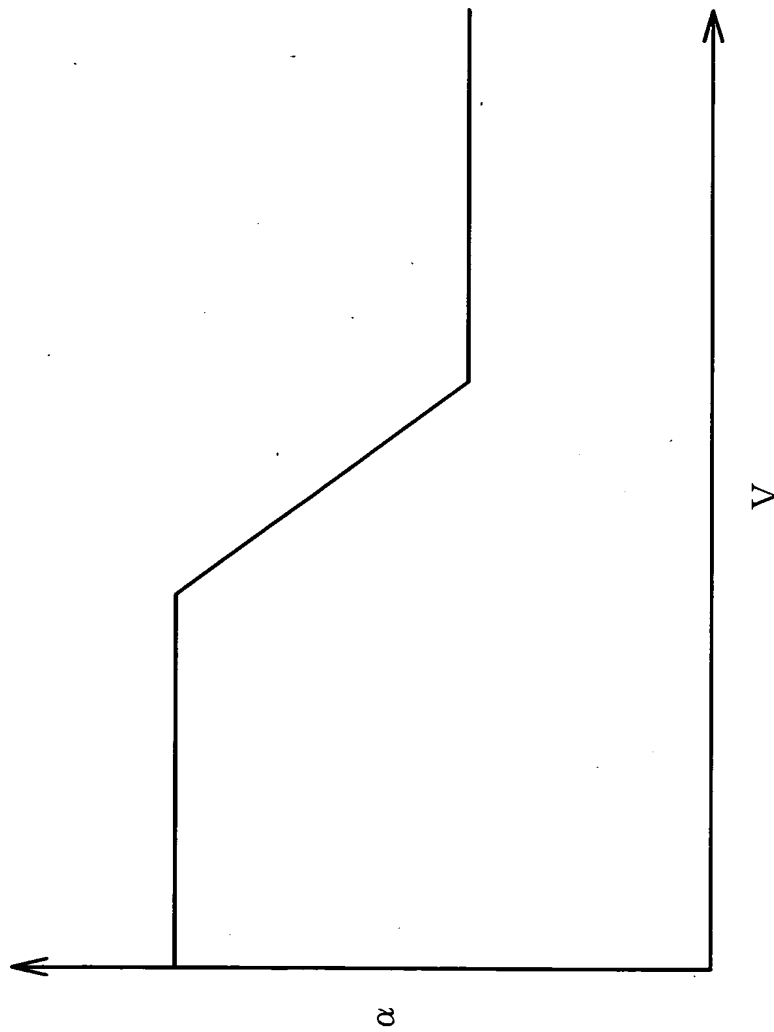
【図 9】

130

車速 (V)	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	.....	V <sub>n</sub>
舵角変換比 (α)	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	α <sub>3</sub>	.....	α <sub>n</sub>

$\alpha = \theta / \phi$        $\phi$  : ハンドル軸角度位置  
                                  $\theta$  : 操舵軸角度位置

【図 10】





【図 11】

131

$\Delta \theta$ \ $V_s$	$V_{s1}$	$V_{s2}$	$V_{s3}$	$V_{s4}$	...	$V_{sn}$
$\Delta \theta_1$	$\eta_{11}$	$\eta_{12}$	$\eta_{13}$	$\eta_{14}$	...	$\eta_{1n}$
$\Delta \theta_2$	$\eta_{21}$	$\eta_{22}$	$\eta_{23}$	$\eta_{24}$	...	$\eta_{2n}$
$\Delta \theta_3$	$\eta_{31}$	$\eta_{32}$	$\eta_{33}$	$\eta_{34}$	...	$\eta_{3n}$
$\Delta \theta_4$	$\eta_{41}$	$\eta_{42}$	$\eta_{43}$	$\eta_{44}$	...	$\eta_{4n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\Delta \theta_m$	$\eta_{m1}$	$\eta_{m2}$	$\eta_{m3}$	$\eta_{m4}$	...	$\eta_{mn}$

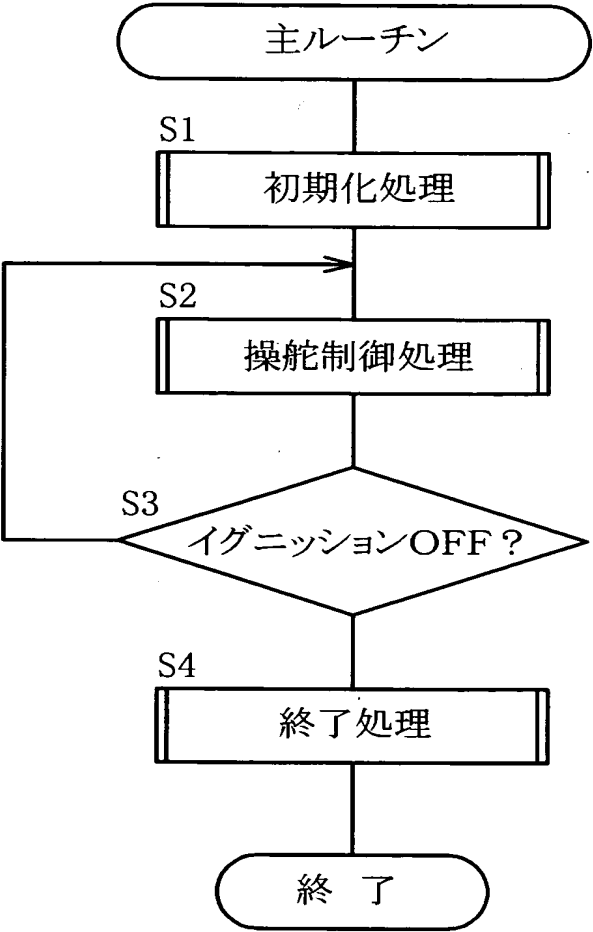
$\eta$  : デューティ比

$\Delta \theta = \theta' - \theta$

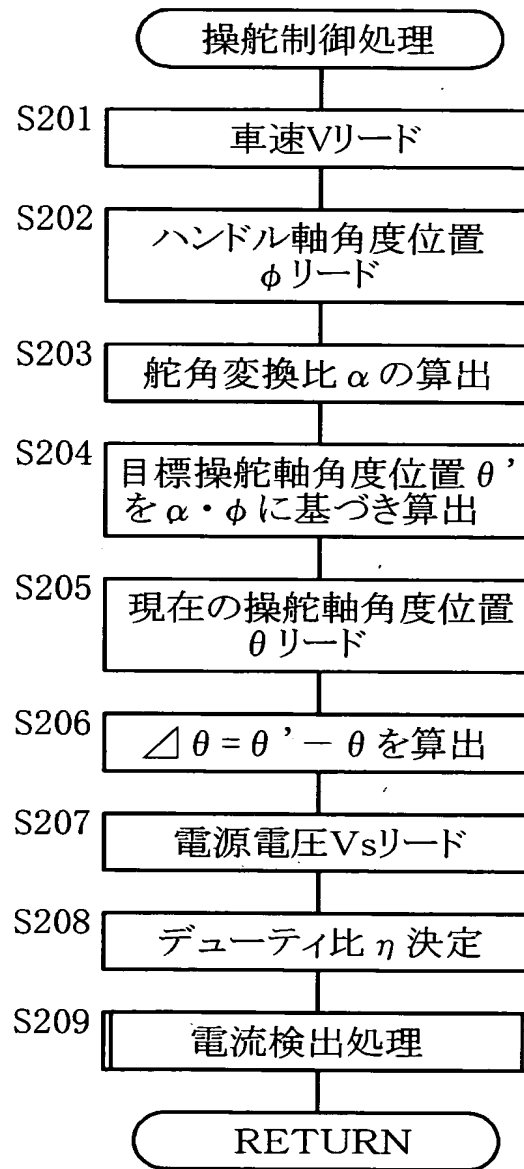
$\theta'$  : 目標操舵軸角度位置

$\theta$  : 現在操舵軸角度位置

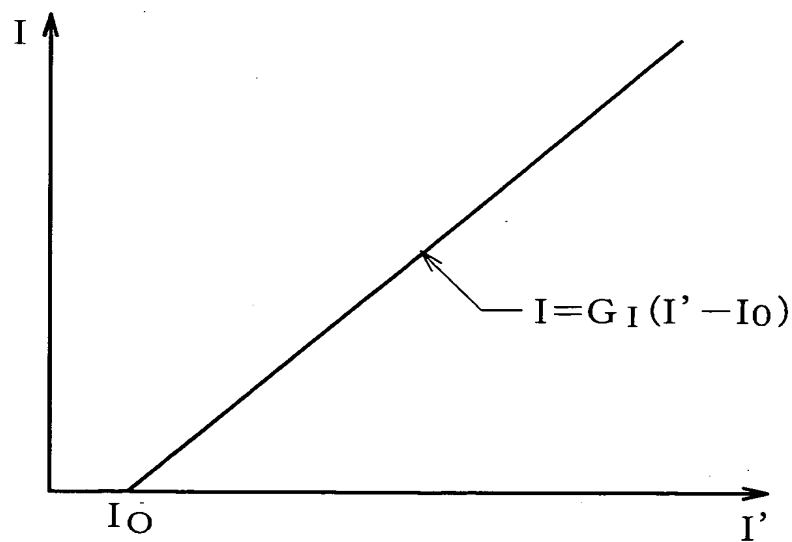
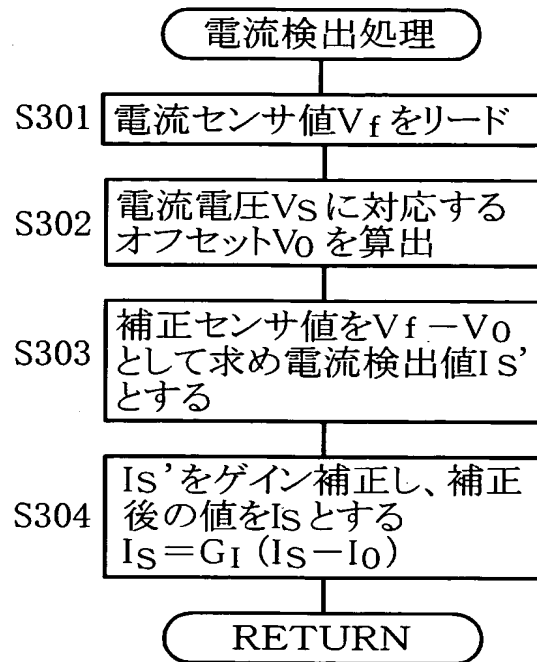
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電流センサの出力特性の製品間バラツキの影響を効果的に軽減でき、ひいては、車輪操舵軸を駆動するモータを適切に保護することができる車両用操舵制御システムを提供する。

【解決手段】 操舵軸駆動モータ 6 の電流を検出する電流センサ 70 のオフセット出力特性を、車両用操舵制御システム 1 として実使用に供する前に（つまり、出荷前に）予め実測し、その実測値に基づいてオフセット補正情報を作成して、EEPROM 115 に記憶しておく。また、測定用電源電圧を一定に設定し、電流センサの出力値と標準電流測定系の出力値とを個別に測定し、その測定された 2 つの出力値の組に基づいて電流ゲイン補正情報を作成し、EEPROM 115 に記憶しておく。そして、実使用時（つまり、出荷後）においては、そのオフセット補正情報及び電流ゲイン補正情報に基づいて、電流センサ 70 の出力を補正する。

【選択図】 図 4

特願 2002-217521

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[000003470]

1. 変更年月日

1990年 8月24日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地

氏 名

豊田工機株式会社

特願 2002-217521

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003207]

1. 変更年月日

1990年 8月27日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社